

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-215390
 (43)Date of publication of application : 07.09.1988

(51)Int.Cl. B23K 26/00
 H01L 31/04
 H01S 3/101

(21)Application number : 62-049342 (71)Applicant : SEMICONDUCTOR ENERGY LAB CO LTD

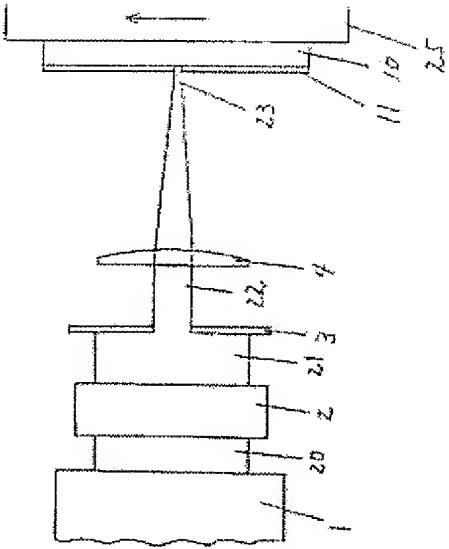
(22)Date of filing : 04.03.1987 (72)Inventor : SHINOHARA HISATO

(54) LIGHT MACHINING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To form plural opening grooves with good efficiency on the body to be worked without damaging a lower layer by projecting plural times on the face to be worked by condensing a light after varying the beam shape of a pulse laser beam in specific wavelength in rectangular shape.

CONSTITUTION: The initial light beam 20 in rectangular shape of the pulse laser beam ≤ 400 nm wavelength emitted from an eximer laser 1 is enlarged by a beam expander 2. The light beam 21 enlarged in rectangular shape is passed through a slit 3 and reduced until the spherical aberration of a condensing lens is disregarded. The beam 22 in small width thus formed is condensed by a bar like cylindrical lens 4. The slit like beam 23 in specific width thus obtd. is projected on the surface of the body 11 to be worked on a substrate 10. This laser beam 23 has the beam strength of $0.85W1.5\text{ J/cm}^2$ on the working face and preferably is projected in $2W5$ times. Said substrate 10 is moved via a Y table 25 to form plural opening grooves optionally on the body 11 to be worked of the non-monocrystal semiconductor, etc., of one part of a photoelectric conversion device.



⑯ 公開特許公報 (A) 昭63-215390

⑯ Int. Cl.⁴
 B 23 K 26/00
 H 01 L 31/04
 H 01 S 3/101

識別記号

厅内整理番号
 H-7920-4E
 C-6851-5F
 7630-5F

⑯ 公開 昭和63年(1988)9月7日

審査請求 有 発明の数 1 (全6頁)

⑯ 発明の名称 光加工方法

⑯ 特願 昭62-49342
 ⑯ 出願 昭62(1987)3月4日

⑯ 発明者 篠原 久人 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

⑯ 出願人 株式会社 半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地

明細書

1. 発明の名称

光加工方法

2. 特許請求の範囲

1,400 nm以下 の波長を持つパルスレーザ光のビーム形状を光学系にて長方形に変化した後に更に光学系にて、前記レーザ光を集光し被加工面に照射することにより、前記加工面上に開溝を形成する光加工方法において前記加工面に対し、複数回レーザ光を照射し開溝を形成することを特徴とした光加工方法。

2. 特許請求の範囲第1項において、前記レーザ光は前記加工面上で0.85~1.5 J/cm²のビーム強度を有し、かつ2回以上5回以下の回数被加工面に照射されたことを特徴とする光加工方法。

3. 特許請求の範囲第2項において、前記被加工面は非単結晶半導体による光電変換装置の一部であることを特徴とする光加工方法。

3. 発明の詳細な説明

「産業上の利用分野」

本発明は、太陽電池、ディスプレイ装置等に用いられる薄膜のフォトトレジストを用いることなく線状の紫外光による直接描画を行う選択加工法に関する。

「従来技術」

薄膜のフォトトレジストを用いることのない光加工に関し、レーザ加工技術として、YAG レーザ光(波長1.06 μm)法が主として用いられている。

この波長によるレーザ加工方法においては、スポット状のビームを被加工物に照射するとともに、このビームを加工方向に走査し、点の連続の鎖状に開溝を形成せんとするものである。そのため、このビームの走査スピードと、加工に必要なエネルギー密度とは、被加工物の熱伝導度、昇華性に加えて、きわめて微妙に相互作用する。そのため、工業化に際しての生産性を向上させつつ、最適品質を保証するマージンが少ないという欠点を有する。更に、そのレーザ光の光学的エネルギーが1.23 eV(1.06 μm)しかない。他方、ガラス基板または

半導体上に形成されている被加工物、例えば透光性導電膜(以下CTFといふ)は3~4eVの光学的エネルギー bandwidthを有する。このため、酸化スズ、酸化インジウム(ITOを含む)、酸化亜鉛(ZnO)等のCTFはYAGレーザ光に対して十分な光吸収性を有していない。また、YAGレーザのQスイッチ発振を用いるレーザ加工方式においては、パルス光は平均0.5~1W(光径50μm、焦点距離40mm、パルス周波数3KHz、パルス巾60n秒の場合)の強い光エネルギーを走査スピードが30~60cm/分で加えて加工しなければならない。その結果、このレーザ光によりCTFの加工は行い得るが、同時にその下側に設けられた基板、例えばガラス基板に対して、マイクロクラックを発生させ、損傷させてしまった。

「発明の解決しようとする問題」

このYAGレーザを用いた加工方式では、スポット状のビームを繰り返し走査しつつ加えるため、下地基板に発生する微小クラックは、レーザ光のビームの外形と類似の形状を有し、「鱗」状に作

られてしまった。

また、YAGレーザのQスイッチ発振を用いる方式はそのレーザビームの尖頭部の出力が長期間使用においてバラツキやすく、使用の度にモニターでのチェックを必要とした。

更に、10~50μm巾の微細パターンを多数同一平面に選択的に形成させることができなく不可能であった。また、照射後、加工部のCTF材料が十分に絶縁物化していないため、酸溶液(弗化水素系溶液)によりエッチングを行い完全に絶縁化する必要があった。

また、薄膜太陽電池等、複数の材料の異なる薄膜を積層した物の加工をYAGレーザにて行う場合、積層している各層毎に加工の選択性を必要とするが、YAGレーザを使用した場合は、この選択性のマージンが非常に少なく目的とする被加工物の下層にまでダメージを与えることになり特に太陽電池等ではYAGレーザを使用することによって素子の特性が悪化するという問題が発生した。

「問題を解決するための手段」

本発明は、上記の問題を解決するものであり、その照射光として、400nm以下(エネルギー的には3.1eV以上)の波長のパルスレーザを照射し、20~50μmのビームスポットではなく、20~200μmの巾(例えば150μm)、長さ10~60cm(例えば30cm)の線状のパターンに同一箇所に1つまたは数回のパルスを照射し、線状のパターンに加工する。かくの如く、本発明に示される400nm以下の波長のパルス光(パルス巾50n秒以下)を線状に照射することにより、CTFでの光エネルギーの吸収効率をYAGレーザ(1.06μm)の100倍以上に高め、結果として加工速度を10倍以上に速くしたものである。

さらに初期の光として、円状でかつ光強度がガウス分布を持つYAGレーザではなく、本発明はエキシマレーザ光を用いる。このため、初期の光の照射面は矩形を有し、またその強さも照射面内で概略均一である。このため光の巾を広げるいわゆるビームエキスパンジング等の光学系にて長方形に大面積化する。その後、その一方のXまたはY方向

にそって筒上の棒状レンズ即ちシリンドリカルレンズにてスリット状にレーザ光を集光する。しかしこの集光された光の巾を50μm以下にするにはこのシリンドリカルレンズ(棒状集光レンズ)の球面収差が無視できなくなる。このため、集光された光の周辺部にガウス分布に従った強度の弱くなる領域が発生し集光された光の線の端部のきれが明確でなくなる。よって10~30μm(例えば20μm)の巾の線状の開溝を作ることはさらに不可能になる。このため、本発明においてはシリンドリカルレンズにレーザ光を入射する前にスリットを通して、シリンドリカルレンズの球面収差が無視できる巾に入射光をしぼった後シリンドリカルレンズにて集光し、10~30μm巾でかつ端部のきれの明確なレーザビームを照射できるようにした。

さらに、このような巾の狭いレーザ光を用いて加工を行う際に被加工面に対して、このレーザ光を複数回照射することにより被加工面の下地層にダメージを全く与えない選択加工を行うことを特徴とするものであります。

「作用」

1回または数回のパルス光を同じ個所に照射することにより、線状の開溝を10~60cm(例えば30cmの長さにわたって加工し、かつ開溝巾を球面収差の無視できる光学系を用い10~30μmの極細の形状に作り得る。またYAGレーザ光のQスイッチ方式ではなく、パルス光のレーザ光を用いるため尖端値の強さを精密に制御し得る。

結果として下地基板であるガラス基板に対し、損傷を与えることなくして被加工物例えはCTFのみのスリット状開溝の選択除去が可能となり、同時にマスクと被加工物との間を真空、クリーンエアまたは空素を注入することにより、被加工物のレーザ光照射により生じる飛翔物を下方向に積極的に落下せしめ、防ぐことができる。

また開溝を形成した後の被加工部に残る粉状の残渣物は、アルコール、アセトン等の洗浄液による超音波洗浄で十分除去が可能であり、いわゆるレジストコート、被加工物のエッチング、レジスト除去等の多くの工程がまったく不要となり、か

らビーム(22)を得る。(第2図(C))

更に、合成石英製のシリンドリカルレンズ(4)にて加工面での開溝巾が20μmとなるべく集光した。(第2図(D))この時使用するスリットの巾は特に決まっていないが、シリンドリカルレンズの球面収差が影響しない程度にレーザビームをしぼる必要がある。また、被加工物の開溝巾はシリンドリカルレンズの性能により任意に選択可能である。

第3図に示すように、長さ30cm、巾20μのスリット状のビーム(23)を基板(10)上の被加工物(11)に線状に照射し、加工を行い、開溝(5)を形成した。

本実施例の場合、被加工面として、ガラス上の透明導電膜($E_g = 3.5\text{eV}$)を有する基板(10)に対して、エキシマレーザ(QUESTEC Inc. 製)を用いた。

パルス光はKrFエキシマレーザによる248nmの光とした。なぜなら、その光の光学的エネルギー bandwidth巾が5.0eVであるため、被加工物が十分光を吸収し、透明導電膜のみを選択的に加工し得るか

つ公害材料の使用も不要となつた。

加えて、スリットはレーザ光を集光する前に光学系に組み込まれているため、レーザ光によるスリットの損傷がほとんどない。また、スリットの間隔に対する機械的加工精度はそれほどきびしい必要はなく、シリンドリカルレンズにて集光されることによりビームの形状が決定されるものである。

「実施例1」

第1図にエキシマレーザを用いた本発明のレーザ加工の系統図を記す。エキシマレーザ(1)(波長248nm, $E_g = 5.0\text{eV}$)を用いた。すると、第2図(A)のように、初期の光ビーム(20)は16mm×20mmを有し、効率3%であるため、350mJを有する。さらにこのビームをビームエキスパンダ(2)にて長面積化または大面積化した。即ち、16mm×300mmに拡大した(第2図(21))。この装置に $5.6 \times 10^{-2}\text{mJ/mm}^2$ をエネルギー密度で得た。

次に2mm×300mmの間隔を有するスリット(3)にレーザビームを透過させて2mm×300mmのレ

らである。

パルス巾20n秒、繰り返し周波数1~100Hz、例えば10Hz、また、被加工物はガラス基板上のCTF(透光性導電膜)である酸化スズ(SnO_2)を用いた。

この被膜に加工を行うと、1回のみの線状のパルス光の照射で開溝(5つのCTF)が完全に白濁化され微粉末になった。これをアセトン水溶液にての超音波洗浄(周波数29kHz)を約1~10分行いこのCTFを除去した。下地のソーダガラスはまったく損傷を受けていなかった。

第2図は第1図におけるレーザビーム光の形状を示したものである。即ち、レーザ光より照射された状態は第2図(A)の矩形(20)となる。これがビームエキスパンダにて長さ方向に拡大(21)され第2図(B)を得る。さらにスリットによりレーザビームの短辺がより狭められる(22)。その後シリンドリカルレンズによりさらに短辺が集光され、第2図(D)に示すビーム形状(23)となる。

第3図は、基板上にスリット状のパルス光を照射し開溝(5, 6, 7, ..., n)を複数個形成したもの

である。かくの如く1回のパルスを照射するのみで1本の開溝を形成する。その後、Yテーブル(第1図(25))を例えば15mm移動し、次のパルス(6)を加える。更に15mm移動し、次のパルス(7)を加える。かくしてn回のパルスを加えることにより、大面積に複数の開溝をn分割することにより成就した。

「実施例2」

本実施例においては用いるレーザ光及び光学系は実施例1と同様のものを用いたが被加工物としては集積化構造を持つ薄膜太陽電池を用いた。第4図に示すような断面構造を持つ薄膜太陽電池の第3番目のレーザースクライプ加工に本発明の方法を用いた。即ち第4図に示すように硝子基板(26)上に実施例1の方法によりバターニングされた透明電極(27)を設け、さらにその全面を公知のプラズマCVD法によりPIN型アモルファスシリコン半導体(28)を形成した後公知のYAGレーザを用いたレーザースクライプ法により第2のLS加工(31)を行う。この時YAGレーザを用いたレーザー加工

法は被加工物であるアモルファスシリコン半導体(28)の下地の透明電極(27)まで加工してしまうが素子の特性に影響を与えることは少なかった。

次に裏面電極(29)としてアルミニウムを形成し第3のLS加工(32)を実施例1と同様のレーザ光と光学系を用いて行った。

この際に加えるレーザ光を1パルスだけではなく複数回好ましくは2~5回照射して第3のLS加工(32)を行った。このようにして形成した薄膜太陽電池の光電変換効率を加えるレーザー光の照射回数に対してプロットしたグラフを第5図に示す。

同図より明らかのようにレーザー光照射を1回より多く行うと光電変換効率が向上することが分かる。

さらに6回以上加えると再び効率が低下することも分かる。

これらより明らかのように2回以上5回以下のレーザー光照射時に効率の向上がみられる。

この場合レーザー光が1回照射の場合は裏面電極(29)が十分に絶縁化されず、もれ電流が多く発

生しているための効率の低下が予想され、また6回以上照射した場合には下地であるアモルファスシリコン半導体(28)の表面が結晶化されるために同様に、もれ電流が発生し効率が低下することが予想される。またレーザー光照射回数を2回とし加えるレーザー光のエネルギーを変化させた結果を第6図に示す。

同図より明らかのように、この場合は0.85~1.5J/cm²のエネルギー範囲で特性が最も良かった。

この範囲より、さらにエネルギー密度を上げることは実用上むづかしく下げるとは可能であるが、その場合はレーザー光の照射回数をさらに増す必要があった。

実用的にはこの範囲が加工特性が良かった。

「効果」

本発明により薄膜太陽電池等のレーザー加工において下地層との選択加工において加工マージンが増し、より容易に加工できることになった。

本発明により多数の線状開溝を作製する場合、例えば15mm間隔にて20μの巾を製造すると10Hz/

パルスならば、0.8分で可能となった。その結果、従来のマスクアライン方式でフォトレジストを用いてバターニングを行う場合に比べて、工程数が7工程より2工程(光照射、洗浄)となり、かつ作業時間を5分~10分とすることができて、多數の直線状開溝を作る場合にきわめて低コスト、高生産性を図ることができた。

本発明で開溝と開溝間の巾(加工せずに残す面積)が多い場合を記した。しかし光照射を疊合させて連結化することにより、逆に例えば、残っている面積を20μ、除去する部分を400μとすることも可能である。

また、本発明の光学系において、ビームエキスパンダと被加工面との間に光学系をより高精度とするため、インテグレータ、コンデンサレンズおよび投影レンズを平行に挿入してもよい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の光加工方法の概要を示す。

第2図はレーザー光のビーム形状を示す。

第3図は開溝の基板上での作製工程を示す。

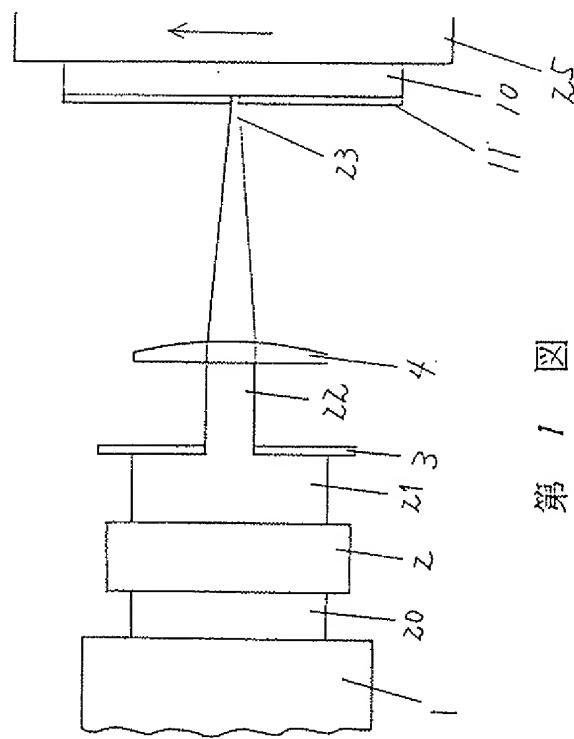
第4図は被加工物の断面図を示す。

第5図、第6図は本発明の方法により形成された太陽電池の特性を示す。

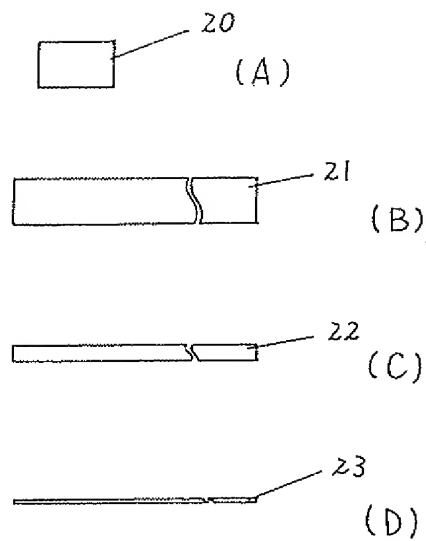
特許出願人

株式会社半導体エネルギー研究所

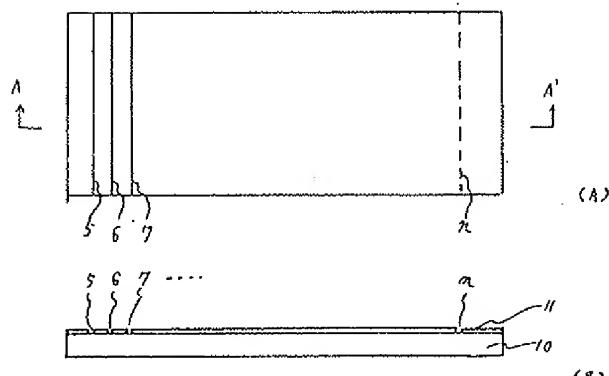
代表者 山崎舜平



第1図

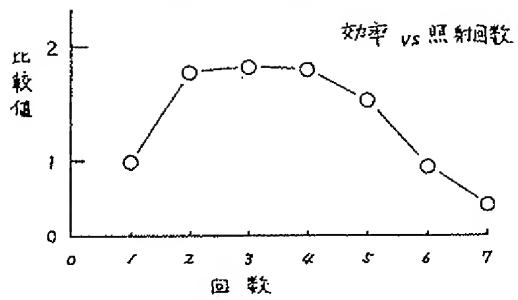


第2図

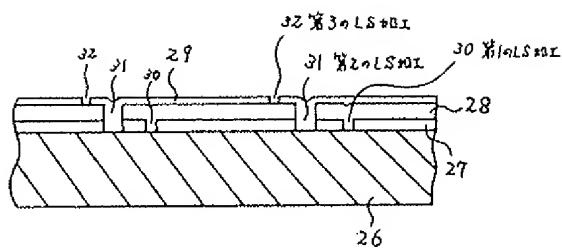


第3図

第5図



第4図



第6図

